

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004 年 4 月 1 日 (01.04.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/027125 A1(51) 国際特許分類⁷: C30B 29/18, G02F 1/37

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/011882

(22) 国際出願日: 2003 年 9 月 18 日 (18.09.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2002-276001 2002 年 9 月 20 日 (20.09.2002) JP(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 独立行政
法人 物質・材料研究機構 (NATIONAL INSTITUTE
FOR MATERIALS SCIENCE) [JP/JP]; 〒305-0044 茨
城県 つくば市 千現一丁目 2 番 1 号 Ibaraki (JP).ば市 千現一丁目 2 番 1 号 独立行政法人 物質・材料
研究機構内 Ibaraki (JP). 原田 昌樹 (HARADA, Masaki)
[JP/JP]; 〒100-8331 東京都 千代田区 丸の内三丁目
2 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).(74) 代理人: 細江 利昭 (HOSOE, Toshiaki); 〒221-0822 神
奈川県 横浜市 神奈川区西神奈川一丁目 3 番 6 号 コー
ポフジ 605 Kanagawa (JP).

(81) 指定国 (国内): US.

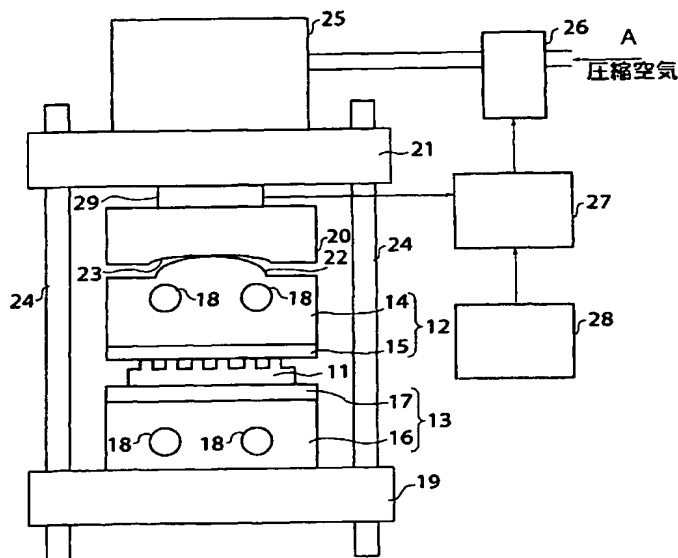
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).添付公開書類:
— 国際調査報告書

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 栗村 直
(KURIMURA, Sunao) [JP/JP]; 〒305-0044 茨城県 つく2 文字コード及び他の略語については、定期発行される
各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: CRYSTAL BASE PLATE AND PRESSING DEVICE

(54) 発明の名称: 水晶基板及び押圧装置



A...COMPRESSED AIR

(57) Abstract: A pressing device, wherein an upper block (12) is brought into contact with a bearing block (20) and the bearing block (20) is connected to an upper plate (21), and a projected part (22) having a radius of (R1) is provided on the upper surface of the upper block (12) and a recessed part (23) having a radius of (R2) (R2 > R1) is provided in the lower surface of the bearing block (20), whereby since, at the time of pressing, the pressing surface of an upper pressing plate (15) inevitably follows up the surface of a crystal base plate (11) to apply a uniform load to the crystal base plate (11), the surface of the crystal base plate can be uniformly pressed by a hot press method.

[続葉有]



(57) 要約:

上部ブロック 12 は、軸受ブロック 20 に接しており、軸受ブロック 20 は、上部プレート 21 に結合されている。上部ブロック 12 は、その上面に半径 $R1$ に凸面加工された凸部 22 を有し、軸受ブロック 20 は、その下面に半径 $R2$ ($R2 > R1$) に凹面加工された凹部 23 を有している。このようにすることにより、押圧時には必ず水晶基板 11 の面に対して上部押圧プレート 15 の押圧面が倣うようになり、水晶基板 11 に一様な荷重が印加されるようになる。これにより、ホットプレス法において、水晶面を均一に押圧できることができる。

明 細 書

水晶基板及び押圧装置

技術分野

本発明は、ホットプレス法により水晶中に相転移型双晶を形成するために用いられる水晶基板、及びホットプレス法により水晶中に相転移型
5 双晶を形成するために用いられる押圧装置であって、前記水晶基板を製造するのに好適な押圧装置に関するものである。

背景技術

常誘電体である水晶 (SiO_2) に、その α - β 相転移温度付近で応力を印加することにより、周期的な双晶構造を作り込み、周期的な分極反
10 転構造を実現させた擬似位相整合波長変換光学素子が提案されている
(S.Kurimura, R.Batchko, J.Mansell, R.Route, M.Fejer, and R.Byer : 1998 年春応用物理学会予稿 28a-SG-18)。これは、水晶のドフ
ィーネ双晶を利用し、非線形光学定数 d_{11} の符号を周期的に反転させ
15 ることにより水晶による擬似位相整合結晶を作製し、これを擬似位相整合波長変換光学素子として用いるものである。

水晶の場合、吸収端が波長 150nm 程度であり、波長 200nm 以下での紫外光吸収は、従来の複屈折位相整合を用いた非線形光学素子 (β -Ba
B₂O₄ や CsLiB₆O₁₀ 等) や強誘電体の擬似位相整合を用いた非線形
20 光学素子 (LiNbO₃ や LiTaO₃ 等) による場合に比べてほとんどない。
さらに第二光高調波発生により、ArF エキシマレーザと同等の波長約 193nm の光を高効率に発生させる可能性があるという従来の非線形光学素子にはない特徴がある。双晶構造は、その周期を数 μm ~ 数十 μm

程度とすることにより実用的な波長変換デバイスとして用いることができる。この擬似位相整合水晶を用いた半導体露光装置が提案されている（特開平 2 0 0 2 - 1 2 2 8 9 8 号公報）。

水晶の周期双晶構造の作製方法としては、リソグラフィ技術と薄膜形成技術により水晶基板上に周期的な Cr 膜を製膜し、温度を 550℃前後まで昇温させることにより、水晶と Cr の線熱膨張率の差による面内応力を利用し、温度と応力を印加することが最初に提案された（S.Kurimura, R.Batchko, J.Mansell, R.Route, M.Fejer, and R.Byer: 1998 年春応用物理学会予稿 28a-SG-18）。この方法においては、

5 Cr 膜が製膜された部分のみ結晶軸が反転し、周期双晶構造が生成される。

しかしながら、この方法では水晶基板面に平行な応力成分を用いるために、応力が結晶表面付近に局在し、結晶表面から数 μm 内部までしか結晶軸の反転が形成されなかった。このため、周期双晶構造が内部までできている、つまりアスペクト比の大きい周期双晶構造が得られないので、レーザ光の波長変換に用いるような、バルクの光学素子の実現は不可能であった。

15

このような問題点を解決する方法として、ホットプレス法が提案された（S.Kurimura, I.Shoji, T.Taira, M.Fejer, Y.Uesu, and H.Nakajima : 2000 年秋応用物理学会予稿 3a-Q-1）。この方法は、水晶

20 基板の片面の表面上に周期的な段差構造を作製し、その水晶基板を上下方向からヒータブロックで挟み込み、水晶基板の温度を昇温して所望の温度に到達した時点で、圧力を印加するものである。このとき、段差構造のうち凸部にあたる部分にのみ応力が作用するので、この部分でのみ結晶軸成分が反転する。この結晶軸反転部分が結晶内部まで成長して結

25 晶内部まで伝播し、深さ方向に大きく入った周期的な双晶の格子を作製することができる。すなわち、凸部のみに応力が集中してそこから双晶

が発生し、次第に内部へと成長し、アスペクト比の大きい双晶構造が作製される。

このような、片面の表面上に段差構造が形成された水晶基板の例を、図 4 を用いて説明する。水晶基板 1 の片側の表面には段差構造が形成され、その結果、直方体の形状を有する凸部 2 が、所定の間隔で形成されている。この凸部 2 は、図の左右方向に所定の幅を有し、その幅と同じ間隔で複数の凸部 2 が、図の左右方向に形成されている。凸部 2 は図の奥行き方向に長い直方体形状を有している。この長手方向に平行な方向を a 軸方向とする。当然、a 軸は水晶基板 1 の法線に対して垂直となっている。

水晶の結晶の c 軸方向は、a 軸に対して垂直であるが、栗村直、応用物理学会誌 2000 年 5 月号に記載されているように、水晶基板 1 の法線方向に対してわずかながら傾けてある。すなわち、水晶基板 1 はその法線と c 軸がわずかな角度を持つようにカットされている。これは、双晶間のエネルギー差を応力印加することにより与えて周期双晶構造を作成するという本手法において、弾性コンプライアンステンソル s_{112} の成分を用いているためである。その角度が大きくなる程双晶の生成がし易くなるが、実際は 10～20 度程度に押さえてある。

光は、図示したように、水晶基板 1 の端面より入射し、偏光方向は a 軸方向と同じ方向である。水晶基板 1 の内部で波長変換された光は、入射面とは反対側の端面から出射する。

以下、図 4 に示すような凸部 2 の作製方法の例を説明する。最初に水晶基板 1 上に Cr 膜をスパッター法により厚さが 100nm 程度となるように成膜する。この膜上にポジ型のレジストを塗布し、i 線ステッパーなどの半導体露光装置を用いて、凸部 2 となる部分以外の部分を露光し現像する。次に、残ったレジストをマスクとして Cr 膜を溶解除去する。

そして、残ったレジスト膜と Cr 膜をマスクとして、弗化水素酸にてウェットエッチングを行い数 μm 程度の深さの段差構造を作製する。これにより、図 4 に示すような凸部 2 を有する段差構造が表面に形成された水晶基板 1 が完成する。なお、Cr 膜は、押圧の前にはがしてもはがさなくともどちらでもよい。

c 軸と水晶基板法線との角度が小さくなるほど波長変換デバイスとしては都合が良いが、双晶形成に要する応力が大きくなる。従って、水晶基板は、前述のように、c 軸と水晶基板法線との角度が、ほぼ数度から 20 度程度となるようにカットされている。

10 このような水晶基板に温度と圧力を与える押圧装置の例の概略図を図 5 に示す。これは、基本的には 4 本の支柱 4 1 と上部ブロック 4 2、下部ブロック 4 3 からなるプレス装置である。上部ブロック 4 2 は上部プレート 4 4 に取り付けられ、上部プレート 4 4 は、支柱 4 1 両側よりナットで挟みこまれて固定されている。下部ブロック 4 3 は下部プレート 15 4 5 に取り付けられ、下部プレート 4 5 は油圧シリンダ 4 6 の上に載せられている。油圧シリンダ 4 6 のピストンを上下させることにより、下部プレート 4 5、下部ブロック 4 3 が上下方向に移動し、押圧力を発生するようになっている。油圧シリンダ 4 6 と下部プレート 4 5 の間には荷重計 4 7 が設けられており、印加された荷重の値をモニタすることが 20 できるようになっている。

上部ブロック 4 2 と下部ブロック 4 3 には、それぞれヒータ 4 8 が取り付けられ、押圧面を除いて周囲を断熱板（例えばヘミサル（商標））で覆われている。上部ブロック 4 2 と下部ブロック 4 3 はそれぞれ SUS304 からなっており、押圧面は平坦度約 $3\mu\text{m}$ となるように精密研 25 磨されている。これら上部ブロック 4 2 と下部ブロック 4 3 には側面から穴が割りぬいてあり、その中にヒータ 4 8 が挿入されている。また、

上部ブロック 4 2 と下部ブロック 4 3 の側面には温度制御用の熱電対（図示せず）が挿入されており、その熱電対は温度調節器（図示せず）に接続されている、この温度調節器は、ヒータ 4 8 用コイルに流す電流を P I D 制御によって操作し、その結果、上部ブロック 4 2 と下部ブロック 4 3 の押圧面は、所望の温度にまで昇温できるような構成となっている。

押圧荷重の制御には、空気圧と油圧を組み合わせて用いる。数百 M P a の圧力を持った空気を、電圧により流量をコントロールすることができる電空レギュレータ 4 9 に供給する。時間に対して任意の電圧パターンを発生できる電圧発生装置 5 0 からの電圧が、電空レギュレータ 4 9 に供給されている。この電空レギュレータ 4 9 から発生した空気を油圧変換増幅器 5 1 に供給する。この油圧変換増幅器 5 1 は、3 6 倍の圧力増幅機能を持つ。油圧変換増幅器 5 1 の油圧を油圧シリンダ 4 6 に供給することにより荷重に変換し、最大約 1 0 k N の押圧荷重を得ることができる。

下部ブロック 4 3 の上に図 4 に示したような水晶基板 5 2 を載せ、下部プレート 4 5、下部ブロック 4 3 を上昇させ、上部ブロック 4 2 と下部ブロック 4 3 で水晶基板 5 2 を挟み込んだ状態で、水晶の双転移温度付近まで昇温し、所望の温度に達した時に、この押圧荷重を水晶基板 5 2 上に印加することにより、水晶面上に応力を発生させる。電圧発生装置 5 0 から発生する電圧パターンを変化させることにより、前述の空気圧、油圧システムの追従する範囲で任意の応力波形を得ることができる。

水晶基板 5 2 は前述のような構造を有し、数 mm ～数十 mm 角程度の大きさである。また、直径数インチ程度のウエハを用いて双晶を一括生成した後により小さい断片に切り分けることもありうる。水晶基板 5 2 の厚みは、バルクの光学素子として利用できるように、0.1mm ～数 mm

程度とされている。

水晶基板 5 2 は両面を精密研磨してあり、平均波面収差が約 0.03λ ($\lambda = 0.638\mu\text{m}$) 程度に収まるように基板の両面平行度、各面の面精度を確保してある。これは水晶の場合、約 $0.045\mu\text{m}$ の面精度に相当し、

5 前述のような水晶表面に形成された段差に比べて十分小さい。

前記のように、従来は、水晶に段差加工をする方法として沸化水素酸によるウェットエッチングを用いていた。しかしながら、弗化水素酸によるウェットエッチングでは、深さ方向以外にも側面が削れてしまい、特に、周期が短い双晶構造を形成する場合には、前記マスクと同じ周期
10 で段差が形成されなくなる。また、c 軸に沿った方向にエッチングが大きく進むため、水晶基板法線に対する c 軸の角度により削れる深さが異なるなどの問題点もあった。

また、図 5 に示すような押圧装置においては、両面がほぼ平行に平面研磨された水晶基板に一様に応力を印加するためには、上部押圧面と下部押圧面が平行である必要があり、またそれぞれの押圧面の面精度が水晶基板表面上の段差深さ（約数 μm ）よりも十分小さいことが必要である。
15

図 5 に示すような従来の押圧装置では、下部ブロック 4 3 を取り付ける下部プレート 4 5 は支柱 4 1 に沿って摺動するので、下部ブロック 4
20 3 の押圧面を調整することはできない。よって、上部押圧面と下部押圧面の平行度を調整するために、上部ブロック 4 2 を取り付けている上部プレート 4 4 を動かす。上部プレート 4 4 は、ねじが切ってある 4 本の支柱 4 1 にナットで挟みこまれて固定されている。このナットを回して上部ブロック 4 2 の押圧面と下部ブロック 4 3 の押圧面とが平行になる
25 ように調整を行う。

しかし、上部ブロック 4 2 の押圧面と下部ブロック 4 3 の押圧面とが、

数 μm 程度の平行度を保つようにするのは、実際のねじにはあそびやガタがあるために、非常に困難である。また、その調整が仮にうまくできたとしても、何度も押圧しているうちに、ネジの緩み等に起因して平行度が保てなくなり、その都度調整し直さなければならないという問題点
5 があった。このような理由により、水晶基板上に印加される荷重分布が不均一となり、これが周期双晶構造を一様に作成することを困難にしていた。

また、従来用いていた押圧面の面精度は約 $3\mu\text{m}$ 程度であり、水晶表面の段差加工の深さとほぼ同程度であるため、荷重が一様に印加されて
10 いるとはいい難かった。

さらに、従来用いられていた押圧面は SUS304 で形成されているが、高温になると柔らかくなる傾向があり、水晶基板表面に応力を加えて双晶を形成させるには不向きであった。さらに押圧後においては、押圧面に水晶の段差加工の凸部に相当する跡が残り、面精度が悪化するなどの
15 問題点があった。このように、従来の押圧装置においては、押圧面の平行度だけではなく、押圧面の面精度や材質という点でも問題点があった。

従来の押圧装置の圧力制御方法にも問題点があった。まず、油圧変換増幅器を用いた油圧による制御では、応答速度が遅くなるという欠点がある。すなわち、空気圧の応答時間は最大 100ms 以下であるが、油圧変換増幅器の立ち上がり時間が遅いために、荷重 0 k N の状態から最大荷重の 10 k N になるまでに約 1 秒程度の時間を必要とした。また、電圧信号を入力してから油圧が応答するまでに 100ms 以上の無駄時間があった。
20

さらに、油圧による制御では、荷重の設定範囲が狭いという問題点があった。前記油圧変換増幅器においては、微少な空気圧を印加した場合、油の粘性のため応答しなくなってしまう。そのため、最大荷重 10 k N
25

のシステムにおいては、約 2 k N 以下の荷重を発生させることは困難であった。よって、双晶形成に最適な荷重が 2 k N 以下である場合には、油圧変換増幅器を交換しなければならないが、油圧系の油を全部抜いて交換しなければならないが、非常に手間がかかり、また専門技術を必要とした。しかも油圧シリンダ交換後の油注入時にも、空気が混入しないようにしなければならず、時間を要していた。このような理由より、従来の押圧装置では周期双晶構造作成に最適な荷重条件を探索するのが非常に困難であった。

また、従来の押圧装置においては、図 5 に示されるように、上部ブロック 4 2、下部ブロック 4 3 とも、ヒータ 4 8 を 1 つしか用いていないため、ヒータと押圧面との距離が押圧面の場所によって異なってしまう。その結果、押圧面に最大数 1 0 °C 程度の温度ムラができてしまい、そのため、水晶基板にも温度分布が発生して、たとえ応力を一様に印加しても双晶のできかたにムラができてしまうという問題点があった。

さらに、従来のホットプレス法で水晶中に相転移型双晶を形成する場合、前述のようにフォトリソグラフィとウエットエッチング法により水晶基板の片面に段差構造を形成するという作業を、各水晶基板毎に行わなければならないという問題点があった。

本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、上記のような種々の問題点を解決することができる水晶基板と押圧装置を提供することを目的とする。

発明の開示

前記目的を達成するための第 1 の発明は、ホットプレス法により水晶中に相転移型双晶を形成するために用いられる水晶基板であって、片面に押圧装置の受圧面となる凸部が形成された段差構造を有し、当該段差

構造は、リソグラフィ露光技術とドライエッチングの組み合わせで形成されたものであることを特徴とする水晶基板である。

前述のようなウエットエッチングによる問題点を解決するために、本発明においてはドライエッチングを用いる。リソグラフィ露光とドライエッチング、例えば反応性イオンエッチング (reactive ion etching、略称 RIE) を用いることにより、容易に数 μm 程度の段差を得ることができる。露光には i 線ステッパーなどを用いることにより最短周期 2 μm 程度のものを容易に作製することができる。また、段差の側面も比較的なだらかなものを得ることができ、傾斜も結晶の異方性によらず 90 度近く垂直なものが得られることが電子顕微鏡観察で分かっている。

また、この方法ではウエットエッチングと違い段差側面が削られるレートが小さいため、前記マスクの周期を反映した周期構造が得られる。ドライエッチングの方法としては RIE に限られず、誘導プラズマ放電 (Induced coupled plasma、略称 ICP) 等の他の方法を使用してもよい。

15 前記目的を達成するための第 2 の発明は、ホットプレス法により水晶中に相転移型双晶を形成するために用いられる押圧装置であって、一方の押圧面が首振り機構を介して、押圧装置本体に保持されていることを特徴とする押圧装置である。

本発明においては、2 つある押圧面のうち、一方の押圧面が首振り機構を介して押圧装置本体に保持されるようにしている。首振り機構とは、押圧装置本体の中心軸と押圧面の中心軸とのなす角を変化可能とする機構のことであり、例えば、フリーシャック機構、球面軸受機構、ジンバル機構等がある。

このようにすることにより、押圧時に、首振り機構を介して押圧装置本体に保持されている押圧面が、他の押圧面と平行になるように首振り機構により調整されるので、水晶基板の被押圧面にかかる荷重を、水晶

基板の被押圧位置によらず均一にすることができる。よって、押圧面間の平行度を調整する必要が無い。

前記目的を達成するための第3の発明は、ホットプレス法により水晶中に相転移型双晶を形成するために用いられる押圧装置であって、加熱
5 ブロックを有し、当該加熱ブロックに、当該加熱ブロックとは別の材料で構成された押圧部材が取り付けられていることを特徴とする押圧装置である。

本発明によれば、加熱される加熱ブロックを熱伝導率の良い部材で形成して熱伝達を良くすると共に、実際に水晶基板を押圧する押圧部材を、
10 加熱ブロックとは別の、高温において硬質性を保つことができる部材とすることにより、押圧面が高温のために変形するという問題を低減することができる。

また、押圧部材として高精度の面加工が可能な材料を使用することにより、水晶基板に形成された表面段差に比べて小さな誤差で押圧面の加工
15 を行うことができ、水晶基板を均一に押圧することが可能となる。

押圧部材を構成するのに適当な材料としては、例えば、超硬金属やサファイア、セラミックス等が挙げられる。超硬金属の例としてはタングステンカーバイド（略称WC）系のものが挙げられる。これは、焼き入れ温度が600℃より十分大きく、600度の高温で水晶よりも十分ヤング
20 率が高い。また、研磨により面精度を1μm以内に押さえることが容易にでき、前記水晶のドライエッチング加工による段差の深さよりも十分小さな値とすることができる。

また、サファイア（ Al_2O_3 ）も高温でヤング率が大きく、面精度入/10（ $\lambda=628\text{nm}$ ）以下に容易に研磨できるという特徴を持つ。また、
25 従来使用されていたSUS304とは違い、高温で酸化することがないので耐性という点でも非常に有利である。セラミックス系の材質も押圧プレ

ートとして適している。例えば、窒化珪素 (Si_3N_4) などである。

前記目的を達成するための第4の発明は、前記第3の発明であって、前記押圧部材のうちの一つの押圧部材の表面のうち、前記水晶の、相転移を起こさせたい部分に当接する部分が、他の部分より凸状となるよう
5 に加工されていることを特徴とするものである。

本発明においては、押圧部材側に凸部が設けられているので、水晶基板については表面を研磨するだけでよく、段差構造を設けなくても、押圧部材の凸部に当接して加圧される部分が相転移を起こし、相転移型双晶が形成される。よって、従来のように、各水晶基板について、フォトリソグラフィとウエットエッチングにより段差構造を形成する工程が不
10 要となる。

前記目的を達成するための第5の発明は、ホットプレス法により水晶中に相転移型双晶を形成するために用いられる押圧装置であって、押圧ブロックに加熱機構を有し、当該加熱機構は、複数のヒータを有してい
15 ることを特徴とする押圧装置である。

本発明においては、押圧装置において実際に水晶基板を押圧する押圧ブロックに加熱機構が設けられ、この加熱機構は、複数のヒータを有している。よって、従来のように一つのヒータで加熱していた場合と異なり、押圧ブロックの押圧面を均一に加熱することが可能となり、その結果、水晶基板を均一な温度に加熱することが可能となる。
20

前記目的を達成するための第6の発明は、ホットプレス法により水晶中に相転移型双晶を形成するために用いられる押圧装置であって、押圧力の発生に空気圧のみを用いていることを特徴とする押圧装置である。

本発明においては、従来技術のように、油圧変換増幅器を用いて、油
25 圧により押圧力を発生させることをせず、空気圧のみにより押圧力が発生するようにされている。よって、油圧変換増幅器の応答遅れが無くな

り、早い応答性で、押圧力をその指令値に追従させることができる。また、押圧力の範囲を変えるために、エアシリンダ等の圧力発生機構を交換する場合でも、油圧シリンダの場合と違って、油を抜いたり、空気抜きを行う等の手間がかからず、容易に作業を行うことができる。

5

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の実施の形態の 1 例である押圧装置を使用して、本発明の実施の形態の 1 例である水晶基板を押圧している状態を示す概要図である。

10 図 2 は、本発明の実施の形態の他の例である押圧装置の概要を示す図である。

図 3 は、ヒータブロックに押圧プレートを固定する方法の例を示す図である。

15 図 4 は、片面の表面上に段差構造が形成された水晶基板の例を示す図である。

図 5 は、水晶基板に温度と圧力を与える従来の押圧装置の例を示す概略図である。

発明を実施するための最良の形態

20 以下、本発明の実施の形態の例を、図を用いて説明する。図 1 は、本発明の実施の形態の 1 例である押圧装置を使用して、本発明の実施の形態の 1 例である水晶基板を押圧している状態を示す概要図である。この押圧装置の基本的な構成は、図 5 に示した従来のものとほぼ同様であるので、図 1 においては、その主要部のみを概略的に図示している。

25 水晶基板 11 は、上部ブロック 12 と下部ブロック 13 の間に挟まれた状態で加熱され、さらに押圧されて応力を加えられる。上部ブロック 12 は、上部ヒータブロック 14 と上部押圧プレート 15 から構成されており、上部ヒータブロック 14 と上部押圧プレート 15 は、ねじや高

温接着剤や、後述の方法により結合されている。下部ブロック 13 は、下部ヒータブロック 16 と下部押圧プレート 17 から構成されており、下部ヒータブロック 16 と下部押圧プレート 17 は、ねじや高温接着剤や、後述の方法により結合されている。

- 5 上部ヒータブロック 14、下部ヒータブロック 16 は SUS304 で構成され、各々に設けられた 2 つの貫通孔にヒータ 18 が埋め込まれている。上部押圧プレート 15 と下部押圧プレート 17 は、超硬金属やサファイア、セラミックス、石英ガラス、水晶等の、高温で硬度を保ち、十分な平面研磨ができる材料で構成され、その押圧面は研磨により、面精度が
- 10 60nm 程度になるように仕上げられている。

- 下部ブロック 13 は、下部プレート 19 に結合されている。上部ブロック 12 は、軸受ブロック 20 に接しており、軸受ブロック 20 は、上部プレート 21 に結合されている。上部ブロック 12 は、その上面に、半径 $R1$ に凸面加工された凸部 22 を有し、軸受ブロック 20 は、その
- 15 下面に、半径 $R2$ ($R2 > R1$) に凹面加工された凹部 23 を有している。このようにすることにより、首振り機構が構成され、その結果、押圧時には必ず水晶基板 11 の面に対して上部押圧プレート 15 の押圧面が倣うようになり、水晶基板 11 に一様な荷重が印加されるようになる。

- この機構は、フリーシャンク機構として周知のものであるが、この機構を使用する他、上部ブロック 12 と軸受ブロック 20 を球面軸受で結合しても、上部ブロック 12 を上部プレート 21 にジンバル機構を介して取り付けるとしても、ほぼ同じ作用効果が得られる。
- 20

- また、この実施の形態においては、水晶基板 11 を加熱するためのヒータ 18 は、上下の各ヒータブロック 14、16 に各 2 個ずつ設けられている。この 2 つのヒータ 18 は、互いに同一の形状と加熱力を有し、
- 25 押圧面からの距離が等しくなるような位置に、図において各ヒータプロ

ック 14、16 の中心軸に対して左右対称になるように設けられている。
ヒータ 18 としては、コイルヒータを採用しているが、その他の手段、
例えば高周波加熱、電気炉による加熱を使用したヒータとしてもよい。

このようにすることにより、上部ブロック 12、下部ブロック 13 の
5 押圧面の中心部分では温度分布の一様性が良好となる。また更に、上部
ブロック 12、下部ブロック 13 の押圧面の大きさを水晶基板 11 より
も大きくすると、上部ブロック 12、下部ブロック 13 の押圧面中心部
での温度分布ムラを、より小さくすることができる。

このようにして、図 1 に示した実施の形態においては、圧力と共に温
10 度も水晶基板 11 上に一様に印加され、水晶の双晶の生成条件の、基板
上でのばらつきを小さくすることができる。

図 1 に示される水晶基板 11 は、フォトリソグラフィ工程とドライエ
ッチングにより、その片面に微細な凸部を周期的に有する段差構造が形
成されたものである。

15 このような水晶基板 11 は、例えば以下のような工程で製造される。
最初に水晶基板上に Cr 膜をスパッター法により厚さが 100nm 程度とな
るように成膜する。この膜上にポジ型のレジストを塗布し、i 線ステッ
パーなどの半導体露光装置を用いて、凸部となる部分以外の部分を露光
し現像する。そして、残ったレジストをマスクとして Cr 膜を除去する。
20 そして、残ったレジスト膜と Cr 膜をマスクとして、RIE あるいは I
CP などのドライエッチングを行い、数 μm 程度の深さの段差構造を作
製する。最後に、レジスト膜と Cr 膜を除去することにより、図 1 に示
すような凸部を有する段差構造が表面に形成された水晶基板 11 が完成
する。

25 しかしながら、このような方法で水晶基板中に相転移型双晶を形成す
る場合には、各水晶基板毎に、前記のような工程で段差構造を形成しな

なければならない。これに対し、図 1 に示す実施の形態において、例えば上部押圧プレートの表面を平面とせず、この部分に周期的な凸部を有する段差構造を形成して、表面が平面に研磨された水晶基板を加熱、押圧して、それにより水晶基板中に相転移型双晶を形成するようにしてもよい。これにより、各水晶基板毎に段差加工を行う工程を省略することができる。

従来において押圧面は SUS304 で形成されていたので、周期数 μm ~ 数十 μm 程度の微細な段差加工を施す加工技術はなかった。しかし、押圧面をセラミックス、例えば窒化珪素 (Si_3N_4) 等にとすると、前記リソグラフィ露光、Cr 成膜とドライエッチング加工により、このような微細加工をすることが可能となり、押圧面に段差加工を施すことができる。また、窒化珪素は高温での耐性も良く、何度も繰り返し使用することが可能である。

図 2 に本発明の実施の形態の他の例である押圧装置の概要を示す。図 2 に示される押圧装置の主要部は、図 1 に示したものとほぼ同じであるので、同じ構成要素には同じ符号を付してその説明を省略する。

図 2 と図 5 を比べてみると分かるように、図 2 においては、下部プレート 19 が 4 本の支柱 24 にねじとナットで固定されており、上部プレート 21 が 4 本の支柱 24 に沿って摺動するようになっているが、この違いは本発明に固有のものではなく、本発明においても図 5 のように上部プレートを固定し、下部プレートを摺動させるようにしてもよい。

図 2 に示す実施の形態においては、上部プレート 21 の駆動と加圧のためにエアシリンダ 25 を設け、電空レギュレータ 26 によって制御された圧力の空気をエアシリンダ 25 に送り込んでいる。電空レギュレータ 26 は、電空レギュレータ制御器 27 を介して、電圧発生装置 28 によって制御されている。上部プレート 21 と軸受ブロック 20 の間には、

荷重計 29 が設けられ、その出力値が電空レギュレータ 27 に入力されている。電空レギュレータ制御器 27 は、電圧発生装置 28 から与えられる電圧に比例した荷重計 29 の出力が得られるように、電空レギュレータ 26 を制御している。

- 5 この例においては、0.5MPa 程度の圧縮空気が電空レギュレータ 26 に供給されている。電空レギュレータ 26 に 0 ~ 10 V の範囲の電圧を供給することにより、空気圧シリンダに供給する空気圧を 0 ~ 0.5MPa の範囲で可変することができる。空気圧シリンダは直径 180mm で、前記空気圧では約 0 ~ 12.7 kN の荷重を発生することができる。電空レギュレータ 26 の立ち上がり時間は 100ms 以内であり、エアシリンダ 25
- 10 での荷重立ち上がり時間は数百 ms 以内である。よって、油圧変換増倍器を使用した場合よりも、早い応答時間で水晶基板に荷重を印加することができる。

- また、この実施の形態においては、荷重に比例した荷重計 29 からの
- 15 電気信号をモニタし、電圧信号発生器 28 から指示された荷重が印加されているように制御する電空レギュレータ制御器 27 を備えている。このフィードバック制御機構により、正確な荷重印加が可能となっている。

- 図 3 に、ヒータブロックに押圧プレートを固定する方法の例を示す。押圧プレートの素材としては、前記のようにサファイア、石英ガラスなどが考えられる。しかしながら、これらの素材には、ねじ止め用の座繰り穴加工を行うことが困難であり、またできたとしても非常にコスト、手間を要する。そのため図 3 に示す実施の形態では、ねじ穴加工なしで
- 20 押圧プレートをヒータブロックに固定している。すなわち、上部押圧プレート 15、下部押圧プレート 17 の水晶基板 11 側に大きく面取りを行う。そして、座繰り穴加工ができる材料でできた押圧プレート押さえ
- 25 30 を設け、この座繰り穴が各押圧プレートの面取り部に密着するよう

にする。

そして、押圧プレート押さえ 30 を、ねじ止め等により上部ヒータブロック 14、下部ヒータブロック 16 に固定し、その際、上部押圧プレート 15、下部押圧プレート 17 の面取り部と押圧プレート押さえ 30 の座繰り穴が接するようにして、上部押圧プレート 15、下部押圧プレート 17 を、それぞれ上部ヒータブロック 14、下部ヒータブロック 16 に固定する。このような方法により、どのような材質の押圧プレートでも使用可能となる。

請 求 の 範 囲

1. ホットプレス法により水晶中に相転移型双晶を形成するために用いられる水晶基板であって、片面に押圧装置の受圧面となる凸部が形成された段差構造を有し、当該段差構造は、リソグラフィ露光技術とドライエッチングの組み合わせで形成されたものであることを特徴とする水晶基板。
2. ホットプレス法により水晶中に相転移型双晶を形成するために用いられる押圧装置であって、一方の押圧面が首振り機構を介して、押圧装置本体に保持されていることを特徴とする押圧装置。
3. ホットプレス法により水晶中に相転移型双晶を形成するために用いられる押圧装置であって、加熱ブロックを有し、当該加熱ブロックに、当該加熱ブロックとは別の材料で構成された押圧部材が取り付けられていることを特徴とする押圧装置。
4. 請求の範囲第3項に記載の押圧装置であって、前記押圧部材のうちの一つの押圧部材の表面のうち、前記水晶の、相転移を起こさせたい部分に当接する部分が、他の部分より凸状となるように加工されていることを特徴とする押圧装置。
5. ホットプレス法により水晶中に相転移型双晶を形成するために用いられる押圧装置であって、押圧ブロックに加熱機構を有し、当該加熱機構は、複数のヒータを有していることを特徴とする押圧装置。
6. ホットプレス法により水晶中に相転移型双晶を形成するために用いられる押圧装置であって、押圧力の発生に空気圧のみを用いていることを特徴とする押圧装置。

図 1

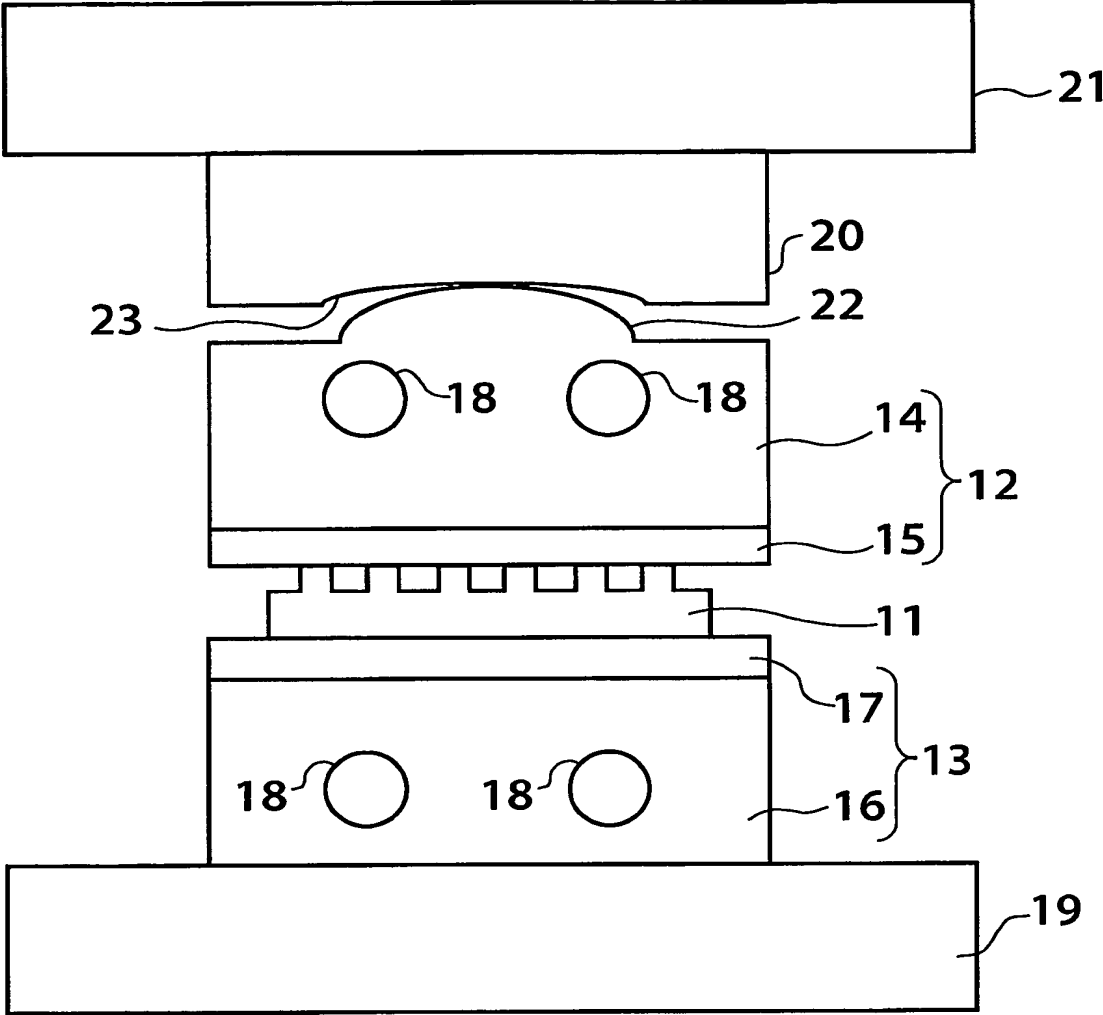


図 2

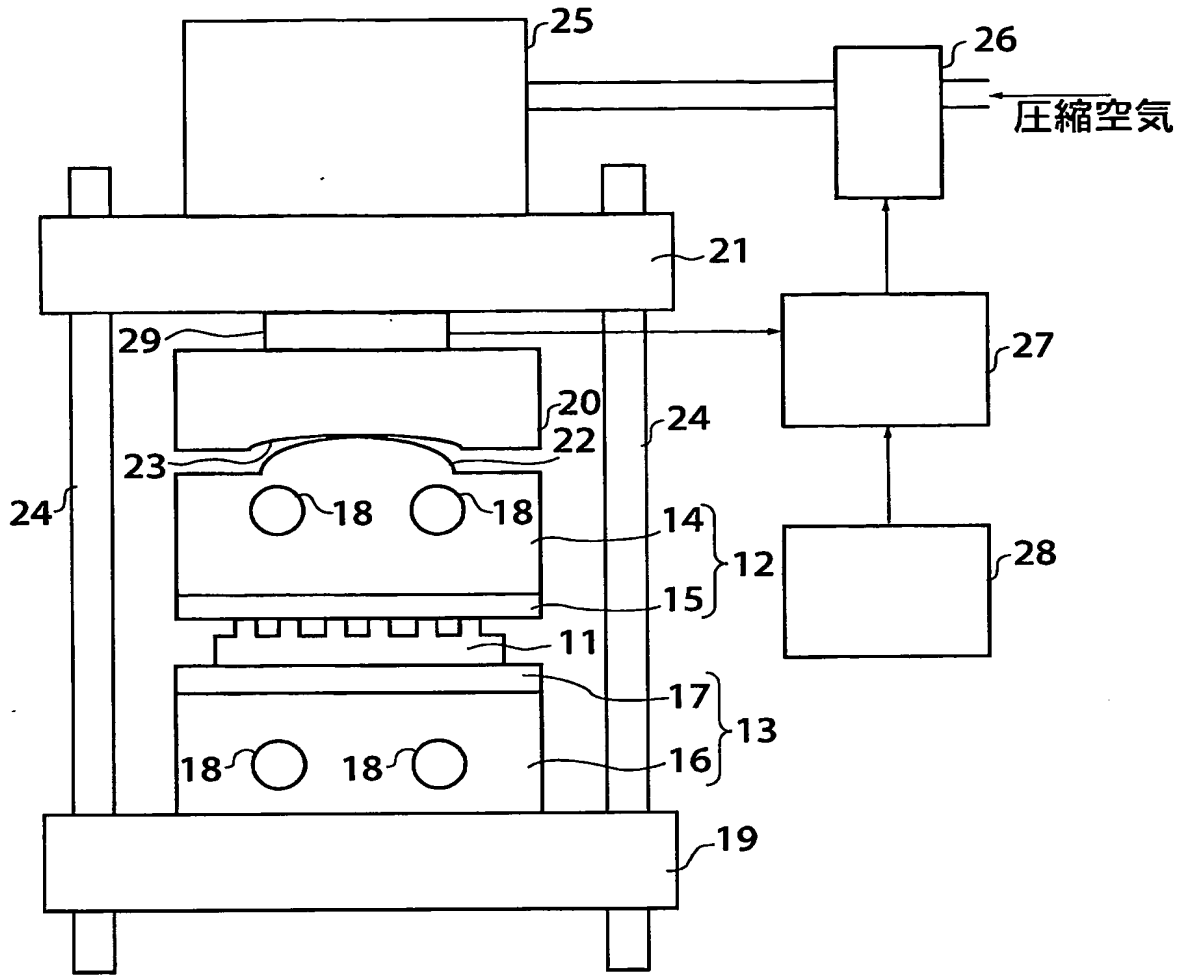


図 3

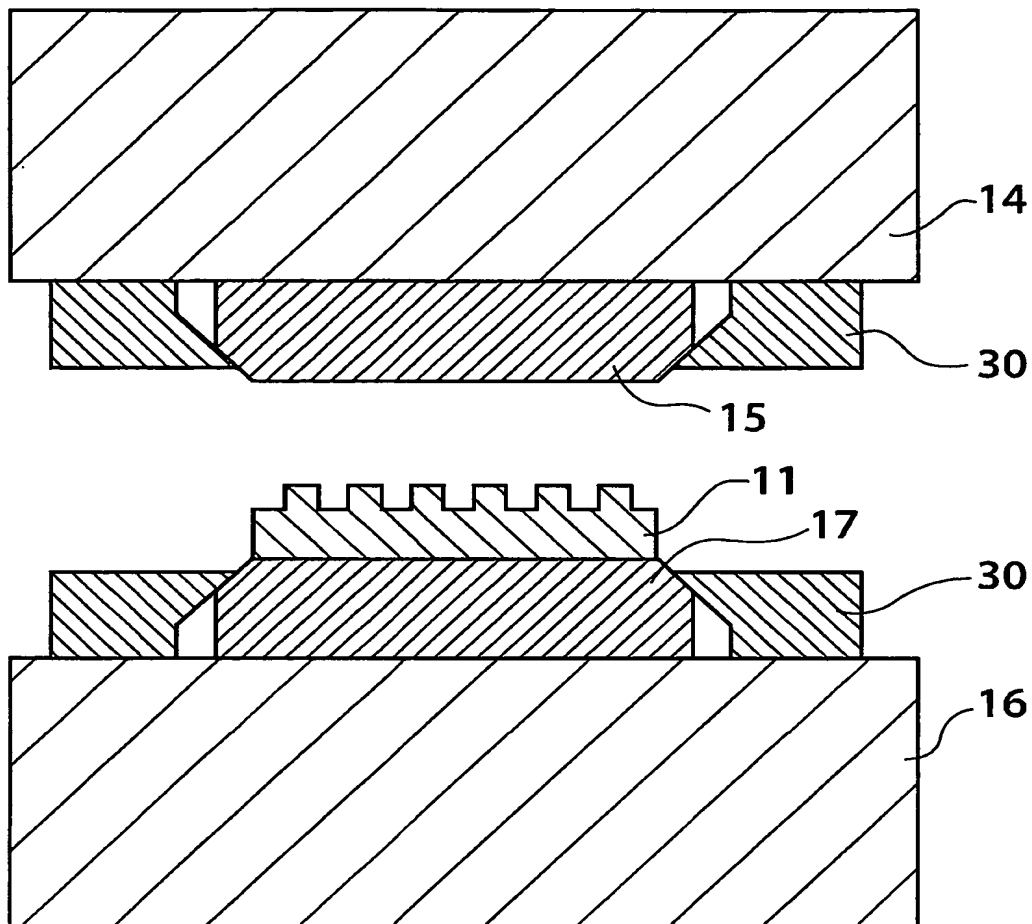


図 4

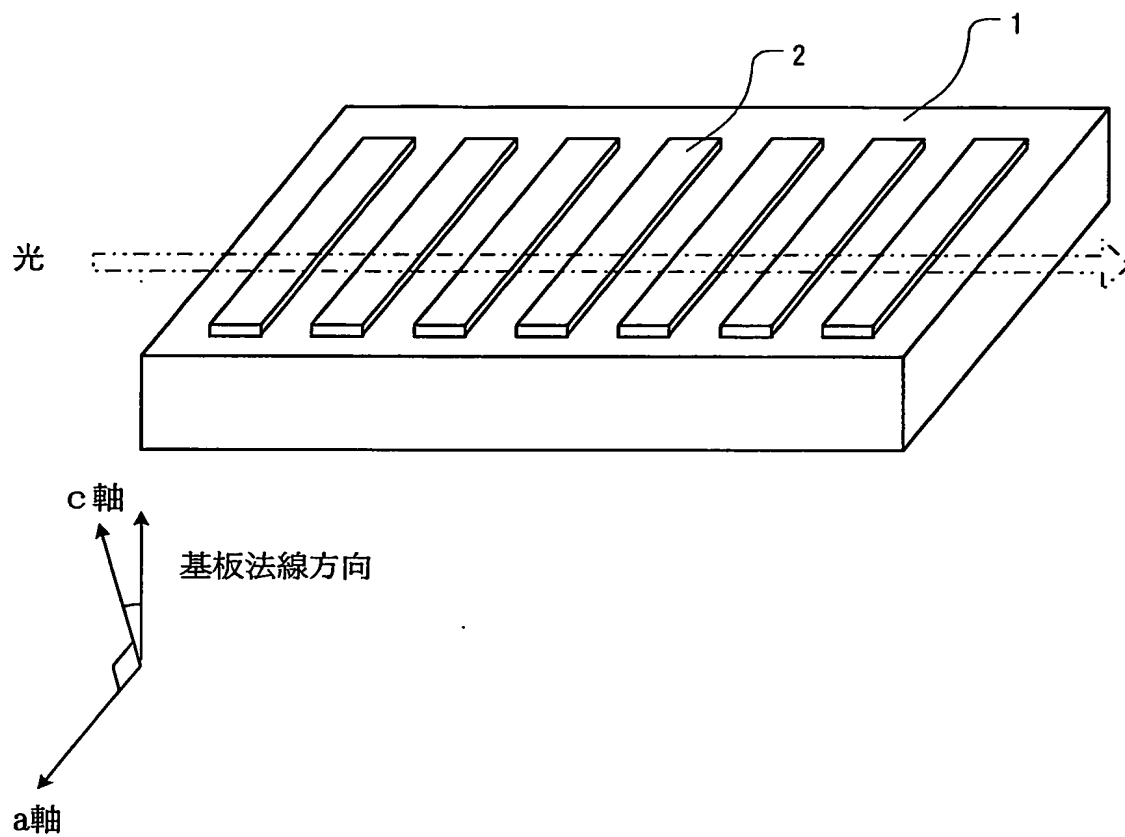
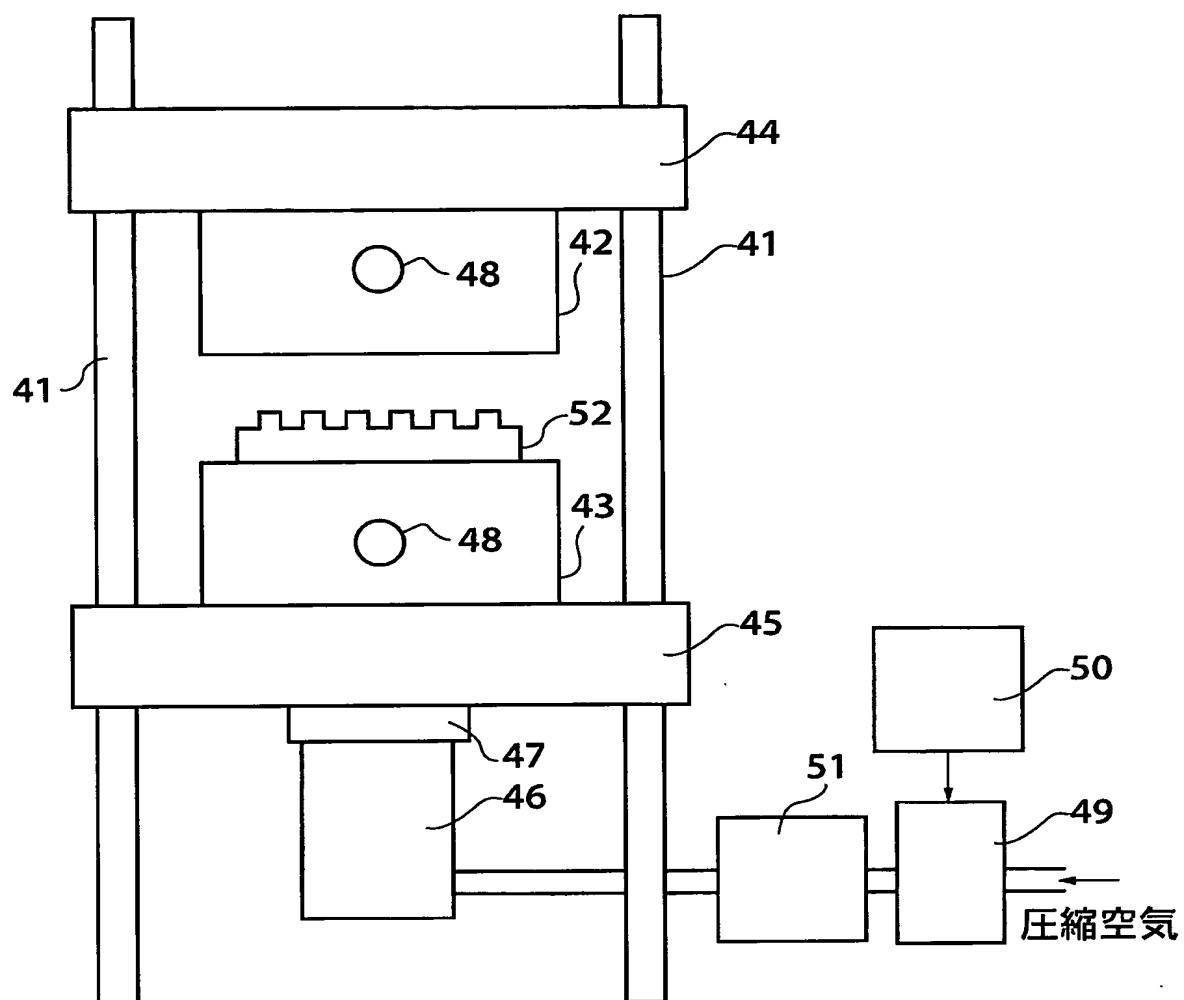


図 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/11882

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ C30B29/18, G02F1/37

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ C30B1/00-35, G02F1/37, H03H3/02, B30B11/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus (JOIS)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X. A	EP 1168464 A1 (NAGAURA, Yoshiaki), 02 January, 2002 (02.01.02), Claims 8 to 33 & JP 2001-110788 A & WO 00/057494 A1	1 2-6
X A	JP 9-83281 A (Meidensha Corp.), 28 March, 1997 (28.03.97), Claims 1 to 2 (Family: none)	1 2-6
A	Nao KURIMURA et al., "Suichoku Ouryoku Inka ni yoru Suisho no Twin Seigyo", Dai 61 Kai Extended abstracts; the Japan Society of applied Physics, 03 September, 2000 (03.09.00), No.3, page 1016, 3a-Q-1	1-6

☐

Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 October, 2003 (27.10.03)

Date of mailing of the international search report

11 November, 2003 (11.11.03)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. ⁷ C30B29/18, G02F1/37

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. ⁷ C30B1/00-35, G02F1/37, H03H3/02, B30B11/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2003年

日本国登録実用新案公報 1994-2003年

日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JSTPlus (JOIS)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X A	EP 1168464 A1, (NAGAURA Yoshiaki) 2002.01.02 請求項8-33 & JP 2001-110788 A & WO 00/057494 A1	1 2-6
X A	JP 9-83281 A (株式会社明電舎) 1997.03.28 請求項1-2 (ファミリーなし)	1 2-6
A	栗村 直 他, 垂直応力印加による水晶のツイン制御, 第61回応用物理学会学術講演会講演予稿集, 2000.09.03, No. 3, p. 1016, 3a-Q-1	1-6

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27. 10. 03

国際調査報告の発送日

11.11.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

横山 敏志

4G

2927

電話番号 03-3581-1101 内線 3416